

PTO 03-4530

Japanese Kokai Patent Application No.
Hei 4[1992]-312853

METHOD FOR MANUFACTURING INKJET NOZZLE ARRAY

Shinichi Kamisuke, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
WASHINGTON, D.C. JULY 2003
TRANSLATED BY THE RALPH MCELROY TRANSLATION COMPANY

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL (A)
KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 4[1992]-312853

Int. Cl. ⁵ :	B 41 J 2/135 B 41 J 3/04
Sequence Nos. for Office Use:	9012-2C
Filing No.:	Hei 3[1991]-79224
Filing Date:	April 11, 1991
Publication Date:	November 4, 1992
No. of Claims:	3 (Total of 5 pages)
Examination Request:	Not filed

METHOD FOR MANUFACTURING INKJET NOZZLE ARRAY

[Inku jietto nozuru retsu no seizo hoho]

Inventors:	Shinichi Kamisuke, et al.
Applicant:	Seiko Epson Corp.

[There are no amendments to this patent.]

Claims

1. A method for manufacturing an inkjet nozzle array, characterized by the following facts: in the process of manufacturing of an inkjet nozzle array with a (100) silicon substrate taken as a structural element, on one surface (12) of said (100) silicon substrate (11), a master pattern of an etching-resistant material is formed for forming said inkjet nozzle array by means of etching; a prescribed amount of etching is applied on said one surface (12) of said silicon substrate (11); then, an etching-resistant material is formed again on said one surface (12) of said silicon substrate (11), and etching-resistant material is not formed at least on the sites corresponding to the portions where said inkjet nozzle array is formed on the other surface (13) (of said silicon substrate (11); then, etching is performed for a prescribed amount on the other surface (13) of said silicon substrate (11).

2. A method for manufacturing an inkjet nozzle array, characterized by the following facts: in said manufacturing process of inkjet nozzle array, on one surface (22) of (100) silicon substrate (21), a master pattern of an etching-resistant material is formed for forming said inkjet nozzle array by etching; the etching-resistant material is not formed at least at the sites on the other surface (23) of said silicon substrate (21) corresponding to the portions where said inkjet nozzle array is formed; then, etching is performed for a prescribed amount on both surfaces of said silicon substrate (21).

3. The method for manufacturing an inkjet nozzle array described in Claim 1 or 2, characterized by the fact that etching is performed as anisotropic etching using an alkaline solution.

Detailed explanation of the invention

[0001]

Industrial application field

This invention pertains to a method for manufacturing an inkjet nozzle array composed of multiple nozzles as injection ports of ink droplets for use in the head portion of an inkjet printer which performs printing by injecting ink droplets on a paper sheet or the like.

[0002]

Prior art

For said inkjet nozzle array, various schemes using different types of materials and adopting different shapes have been developed and used in manufacturing. In the method described in Applied Physics Letters, Vol. 31, No. 2, 1977, pp. 135-137, nozzles are formed by means of anisotropic etching of a (100) silicon substrate as an inkjet nozzle array in an inverted pyramid shape surrounded by four (111) planes. This method has a good simplicity of the manufacturing process, and it has a high precision in shape due to anisotropic etching. Consequently, this method is the optimum for the inkjet printer head required for high-fineness printing. Figure 5 is a diagram illustrating the manufacturing process of said inkjet nozzle array. A master pattern of an etching-resistant material (usually silicon oxide film) corresponding to the inkjet nozzle array is formed on one surface (52) of (100) silicon substrate (51), while an etching-resistant material is formed on the entirety of the other surface (53). Then, etching is performed for a prescribed amount on silicon substrate (51) to form the inkjet nozzle array (each nozzle goes through the substrate).

[0003]

Problems to be solved by the invention

For the inkjet nozzle array formed on a (100) silicon substrate, as shown in Figure 6, an angle of 54.7° is formed between (111) plane (69) that forms the nozzle wall and (100) silicon substrate (63) as the surface of the silicon substrate. If the opening width of ink-ejecting port (611) is W_1 , the opening width of ink-feeding port (614) is W_2 , and the thickness of the silicon substrate is t , there is the following relationship among them:

[0004]

[Mathematical formula 1]

$$W_1 = W_2 - \sqrt{2} t \dots \dots \dots (1)$$

Here, as nozzles are set side-by-side with a prescribed pitch, if the design value of the pitch is not larger than W_2 , the neighboring nozzles would be overlapped with each other, and it is impossible to form them by etching. In other words, according to the above-listed equation, when nozzle's opening width W_1 is constant, if the nozzle's pitch is to be reduced, that is, if the nozzle array is to have a higher density, thickness t of the silicon substrate has to be smaller. This is a problem. However, there is a limit in reducing the thickness of the silicon substrate. Also, when the silicon substrate is made thinner, the silicon substrate becomes prone to cracking, and there are problems in handling and degradation in yield.

[0005]

The purpose of this invention is to solve the aforementioned problems of the prior art by providing a type of high-density inkjet nozzle array using a (100) silicon substrate.

[0006]

Means to solve the problem

This invention provides a method for manufacturing an inkjet nozzle array, characterized by the following facts: in the process of manufacturing an inkjet nozzle array with a (100) silicon substrate as a structural element, on one surface (12) of said (100) silicon substrate (11), a master pattern of an etching-resistant material is formed for forming said inkjet nozzle array by means of etching; a prescribed amount of etching is applied on said one surface (12) of said silicon substrate (11); then, an etching-resistant material is formed again on said one surface (12) of said silicon substrate (11), and etching-resistant material is not formed at least on the sites corresponding to the portions where said inkjet nozzle array is formed on said other surface (13); then, etching is performed for a prescribed amount on said other surface (13) of said silicon substrate (11). Also, in said manufacturing process of the inkjet nozzle array, on one surface (22)

of (100) silicon substrate (21), a master pattern of an etching-resistant material is formed for forming said inkjet nozzle array by etching; the etching-resistant material is not formed at least at the sites on other surface (23) of said silicon substrate (21) corresponding to the portions where said inkjet nozzle array is formed; then, etching is performed for a prescribed amount on both surfaces of said silicon substrate (21). Also, etching is performed as anisotropic etching using an alkaline solution.

[0007]

Application examples

Application Example 1

In the following, this invention will be explained in more detail with reference to application examples. Figure 1 is a diagram illustrating the manufacturing process of an inkjet nozzle array of this invention. First of all, the two (100)-plane surfaces of a silicon wafer are polished to mirror surface quality to form silicon substrate (11) with a thickness of 280 μm (Figure 1(a)). Said substrate (11) is subject to heat treatment at 1100°C for 4 h in an atmosphere of O₂ and water vapor so as to form 1- μm -thick SiO₂ films (14), (15) on the two surfaces of said silicon substrate (11), respectively (Figure 1(b)). Said SiO₂ films are used as an etching-resistant material. On SiO₂ film (14) formed on one surface (12) of silicon substrate (11), photoresist pattern (16) is formed as shown in Figure 2, by mapping photoresist pattern (26). As far as the dimensions of the pattern shown in Figure 2 are concerned, each edge of square (26) corresponding to each inkjet nozzle is 80 μm , and the distance between the centers of the neighboring squares, that is, the nozzle pitch, is 84.7 μm . 84.7 μm corresponds to 300 dpi (dots per inch). After the photoresist is coated on the entire surface of SiO₂ film (15) formed on other surface (13), silicon substrate (11) is dipped in a hydrofluoric acid-based etching solution, so that only SiO₂ film (14) on one surface (12) is partially etched to form a pattern (Figure 1(c)). Then, using an alkaline solution, silicon on one surface (12) alone is etched. As the alkaline solution, 20 wt% aqueous KOH solution at 70°C is used. In this case, the etching rate of (100) silicon plane is 0.8 $\mu\text{m}/\text{min}$. When etching is performed for 37 min 30 sec, etching with a depth of 30 μm comes to an end (Figure 1(d)). Then, silicon substrate (11) is subject to heat treatment at 1100°C for 4 h in an atmosphere of O₂ and water vapor to form a 1- μm -thick SiO₂ film on the surface where etching recession (110) has been formed. SiO₂ film is originally formed on the portions of the surface other than the etching recession (110), and SiO₂ film with a total thickness of 1 μm or larger is formed on such portions (Figure 1(e)). Then, on SiO₂ film (15) formed on the other surface (13) of silicon substrate (11), by mapping of master pattern (27) shown in Figure 2, photoresist pattern (17) is formed as voids in the portion including the entirety of recession (110) formed as an inkjet nozzle by means of etching on one surface (12) in

the vertical direction for surfaces (12) and (13) of silicon substrate (11). The SiO₂ film on one surface (12) is protected with a photoresist, and, only for one surface (13), etching processing is performed for SiO₂ film using a hydrofluoric acid-based solution (Figure 1(f)). Then, for silicon of the other surface (13) of silicon substrate (11), said alkaline solution is used for etching in 5 h 24 min. At an etching amount of 259 μm, etching of the silicon comes to an end. Finally, using the hydrofluoric acid-based etching solution, SiO₂ films (14) and (15) as the etching masks are removed (Figure 1(g)). In this application example, the inkjet nozzle is a square with edge of 50 μm. According to equation (1), because the holes are squares with a size of 50 μm, thickness t of the wafer is 21 μm as determined using the following equation.

[Mathematical formula 2]

$$t = (80 - 50) / \sqrt{2} = 21 \dots \dots \dots (2)$$

If etching quantity d_1 of other surface (13) is $d_1 = 280 - 21 = 259$ (μm), inkjet nozzles with a hole size of 50 μm can be formed. For the inkjet nozzle array-forming portion in this application example, thickness of the silicon is 21 μm. For the other portion of silicon substrate (11), the initial thickness of 280 μm remains. By means of this portion, said inkjet nozzle array is supported.

[0009]

In the etching operation of said other surface (13), etching is performed for 259 μm. Halfway through this process, when etching of 240 μm is carried out, the etching surface of the other surface (13) reaches bottom (112) of etching recession (110) to form through-hole (111). Then, etching is further carried out to reach 259 μm. As a result, it is possible to form the inkjet nozzle as a 50-μm square as calculated using equation (2). For the 48 nozzles of the completed inkjet nozzle array, the dimensions of the holes are measured, and they are found to be distributed in the range of 48.3-51.5 μm, with an average value of 50.1 μm. That is, in this application example, it is possible to obtain an inkjet nozzle array of 50-μm-size inkjet nozzles with a nozzle pitch of 300 dpi. The obtained inkjet nozzle array is used assembled and used in a printing test. Good printing results are obtained.

[0010]

Application Example 2

In the following, this invention will be explained in more detail with reference to Application Example 2. Figure 3 is a diagram illustrating the manufacturing process of an inkjet nozzle array of this invention. First of all, the two (100)-plane surfaces of a silicon wafer are polished to mirror surface quality to form silicon substrate (31) with thickness of 280 μm (Figure

3(a)). Said substrate (31) is subject to heat treatment at 1100°C for 4 h in an atmosphere of O₂ and water vapor so as to form 1-μm-thick SiO₂ films (34), (35) on the two surfaces of said silicon substrate (31), respectively (Figure 3(b)). Then, in the same way as in Application Example 1, photoresist pattern (36) is formed on SiO₂ film (34) formed on one surface (32) of silicon substrate (31) by mapping photoresist pattern (26) as shown in Figure 2. The dimensions of the pattern are the same as those in Application Example 1. Then, on SiO₂ film (35) formed on other surface (33) of silicon substrate (31), by mapping of master pattern (27) shown in Figure 2, photoresist pattern (37) is formed as voids in the portion including the entirety of photoresist pattern (36) formed on SiO₂ film (34) in the vertical direction with respect to planes (32) and (33) of silicon substrate (31) (Figure 3(c)). Then, the entirety of silicon substrate (31) is dipped in a hydrofluoric acid-based etching solution to remove the SiO₂ film of the portion corresponding to the inkjet nozzle array (Figure 3(d)).

[0011]

Then, anisotropic etching of silicon is carried out using an alkaline solution. Just as in Application Example 1, 20 wt% aqueous KOH solution at 70°C is used as the alkaline solution. By dipping silicon substrate (31) in said alkaline solution, etching is performed for both surfaces.

[0012]

Figure 4 illustrates the state after etching for 30 min for one surface (32) of silicon substrate (31). Figure 4(a) is a cross-sectional view, and Figure 4(b) is its upper view. Halfway during etching of one surface (32), as shown in Figure 4(a), while (111) plane (49) with a very low etching rate appears, the area of (100) plane (48) gradually becomes smaller. In this application example, when the etching depth becomes 57 μm, (100) plane (48) disappears. In the stage shown in Figure 4, etching depth d₂ is d₂ = 30 x 0.8 = 24 μm, and (100) plane (48) has a square shape with size of

[0013]

[Numerical formula 3]

$$80 - 24\sqrt{2} = 46.2 \text{ } (\mu\text{m})$$

Also, Figure 3(e) illustrates the state after etching of silicon for 30 min. In this case, other surface (33) of silicon substrate (31) is also etched for a depth of 24 μm. Further continuous etching is carried out, and etching of silicon comes to an end after a total etching time of 5 h 24 min. Finally, using a hydrofluoric acid-based etching solution, SiO₂ films (34) and (35) are removed as etching masks (Figure 3(f)). After etching for 5 h 24 min, the silicon is etched for 259 μm, and thickness of the inkjet nozzle array portion of silicon substrate (31) becomes 21 μm.

over-
etch

For the other portion of silicon substrate (31), a thickness of 280 μm is remains, and the inkjet nozzle array is supported with this portion. Etching of one surface (32) of silicon substrate (31) stops when the etching depth is 57 μm . On other surface (33), however, etching continues further, and it reaches etching recession (310) which becomes the inkjet nozzle array formed on one surface (32). As etching further progresses, through-hole (311) is formed on the bottom of etching recession (310), and the size of through-hole (311) becomes larger with progress in etching of other surface (33). In this application example, the size of the nozzle hole has a 50- μm square as the design value. After etching for the same said time as in Application Example 1, dimensions of the nozzle-injecting ports of the completed inkjet array composed of 48 nozzles are measured, and they are found to be distributed in the range of 51.3-53.8 μm , with an average value of 52.5 μm . That is, in this application example, it is possible to obtain an inkjet nozzle array of 52.5- μm -size inkjet nozzles with a nozzle pitch of 300 dpi. The obtained hole size is 2.5 μm larger than the design value of 50 μm . This is because end portion (313) of through-hole (311) is gradually etched as the etching progresses, so that the hole size becomes larger. That is, in this application example, the size of the holes obtained is

[0014]

[Mathematical formula 4]

$$W_1 = W_2 - \sqrt{2} t \dots \dots \dots (1)$$

When 50- μm -square nozzles are in demand, the dimension of 80 μm for square (26) corresponding to each inkjet nozzle in Figure 2 is corrected by reducing 2.5 μm to 77.5 μm . In this way, it is possible to obtain 50- μm -square hole nozzles. As explained in the above, for the inkjet nozzles formed on (100) silicon substrate, when the nozzle hole size is constant, a thickness of the wafer cannot be reduced. Due to this restriction, there is a limit to increasing the density of the nozzles. However, in this application example, in order to obtain a constant nozzle hole size, the pattern corresponding to the inkjet nozzles can be made smaller. Consequently, it is possible to reduce the pitch correspondingly. The hole size may be obtained as desired according to the etching condition. Also, the obtained inkjet nozzle array is used assembled and used in a printing test. Good printing results are obtained.

[0015]

In the manufacturing process of the inkjet nozzle array described in Application Examples 1 and 2, there is no difficult point in the processing technology. The operation is quite simple. Consequently, as explained in the above, inkjet nozzle arrays can be obtained at a high precision and with a high yield.

[0016]

Effect of the invention

As explained in the above, according to this invention, it is possible to use (100) silicon substrate to obtain a high-precision inkjet nozzle array. When such inkjet nozzle array is used in forming an inkjet head, it is possible to perform high-precision printing.

Brief description of the figures

Figure 1 is a diagram illustrating the manufacturing process of an inkjet nozzle array of this invention.

Figure 2 is a diagram illustrating the mask pattern for forming the inkjet nozzle array by etching.

Figure 3 is a diagram illustrating the manufacturing process of the inkjet nozzle array of this invention.

Figure 4 includes a cross-sectional view and an upper view of the inkjet nozzle array in the manufacturing process of the inkjet nozzle array of this invention.

Figure 5 is a diagram illustrating the conventional manufacturing process of the inkjet nozzle array.

Figure 6 is a diagram illustrating the dimensions of the inkjet nozzle array on (100) silicon substrate.

Explanation of symbols

11, 31, 51	Silicon substrate
12, 32, 52	One surface of silicon substrate
13, 33, 53, 63	Other surface of silicon substrate
14, 15, 34	SiO ₂ film
35, 54, 55	SiO ₂ film
26, 27	Photomask pattern
36, 37	Photoresist pattern
48	(100) Plane
49, 69	(111) Plane
110, 310	Etching recession
111, 311	Through-hole
112	Bottom of etching recession
313	End portion of through-hole
611	Ink-injecting port

614

Ink-feeding port

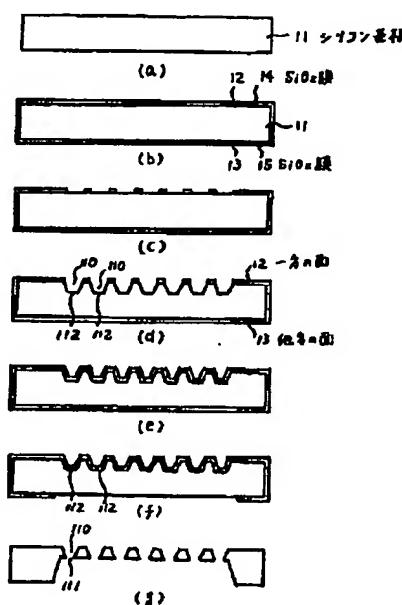


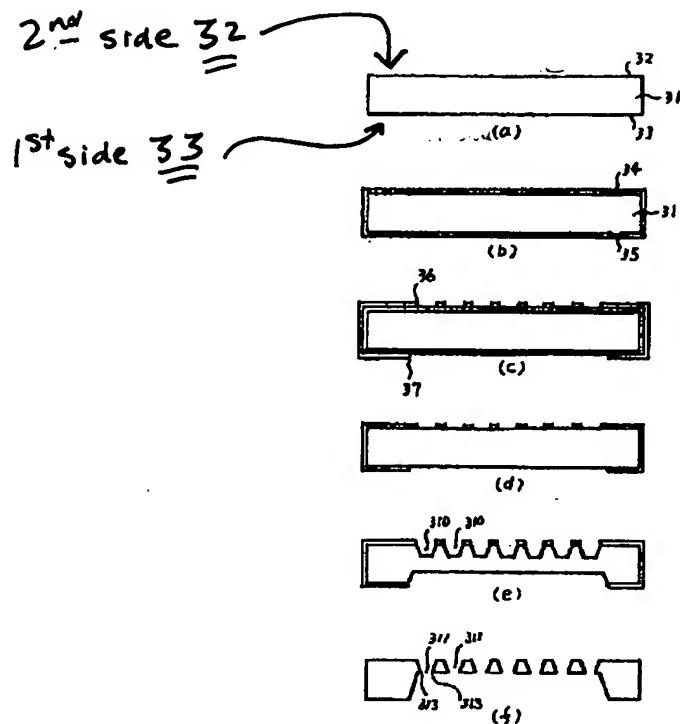
Figure 1

Key:

- 11 Silicon substrate
- 12 One surface of silicon substrate
- 13 Other surface of silicon substrate
- 14 SiO₂ film
- 15 SiO₂ film



Figure 2



$1100^{\circ}\text{C}, \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow$
1 μm SiO_2 film $\underline{\underline{34}}, \underline{\underline{35}}$

PR $\underline{\underline{36}}$

dip in HF - pattern SiO_2

KOH etch

remove $\underline{\underline{34}}, \underline{\underline{35}}$

Figure 3

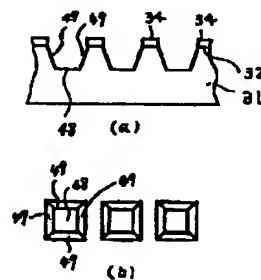


Figure 4

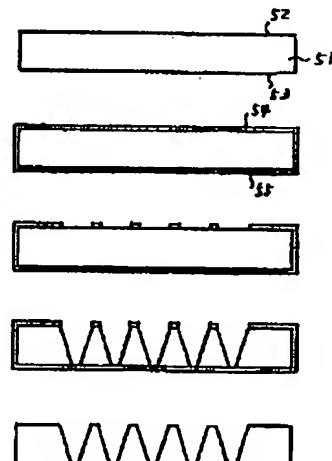


Figure 5

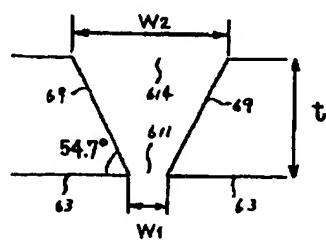


Figure 6

PAT-NO: JP404312853A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04312853 A

TITLE: MANUFACTURE OF INK JET NOZZLE ARRAY

PUBN-DATE: November 4, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
KAMISUKE, SHINICHI
YOTSUYA, SHINICHI
MAEDA, YOSHIO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEIKO EPSON CORP	N/A

APPL-NO: JP03079224

APPL-DATE: April 11, 1991

INT-CL (IPC): B41J002/135

US-CL-CURRENT: 29/890.1, 347/47

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain densely packed ink jet nozzles by using a silicon substrate.

CONSTITUTION: A photoregist pattern 16 is formed on an SiO_2 film 14 formed on one surface 12 of a silicon substrate 11. After applying a photoregist over the entire surface of a SiO_2 film 15 formed on the other surface 13, only the SiO_2 film 14 on the one surface 12 is etched partly and patterned. Next, the silicon layer of the one surface 12 only is etched. After that, a photoregist pattern is formed on the SiO_2 film 15 formed on the other surface 13 of the silicon substrate 11 so that a part enveloping the entire recessed part 110 which becomes an ink jet nozzle is hollow, while the SiO_2 film formed on the one surface 12 is protected using a photoregist, and the SiO_2 film on the other surface 13 only is etched. In addition, the silicon layer on the other

surface
13 of the substrate 11 is etched and finally the SiO_{2} films
14, 15
which are an etching mask are removed.

COPYRIGHT: (C)1992, JPO&Japio

特開平4-312853

(43)公開日 平成4年(1992)11月4日

(51)Int.Cl. ⁵ B 41 J 2/135	識別記号 9012-2C	庁内整理番号 F I	技術表示箇所 103 N
--	-----------------	---------------	-----------------

審査請求 未請求 請求項の数3(全5頁)

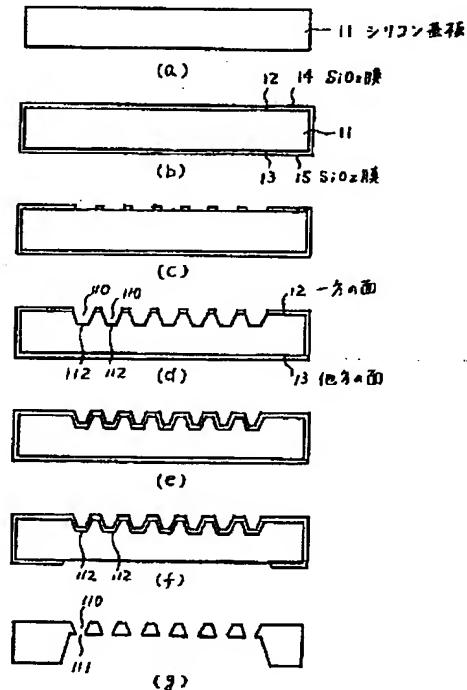
(21)出願番号 特願平3-79224	(71)出願人 000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22)出願日 平成3年(1991)4月11日	(72)発明者 紙透 真一 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内
	(72)発明者 四谷 真一 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内
	(72)発明者 前田 佳男 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内
	(74)代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 インクジェットノズル列の製造方法

(57)【要約】

【目的】本発明は、(100)シリコン基板を用いたインクジェットノズル列において、ノズルピッチの高密度化を実現する。

【構成】(100)シリコン基板の一方の面に、インクジェットノズルに相当するエッチングマスクを形成、所定量のエッチングを行った後に、一方の面に改めて耐エッチング材を形成し、他方の面の少なくともインクジェットノズルに相当する部分にはエッチングマスクを形成せず、他方の面に所定量のエッチングを行い、インクジェットノズルに相当する部分にはエッチングマスクを形成せず、他方の面の少なくともインクジェットノズルに相当する部分にはエッチングマスクを形成せず、両面のエッチングを行いインクジェットノズルに相当する貫通穴を形成する。又は、一方の面にインクジェットノズルに相当するエッチングマスクを形成し、他方の面の少なくともインクジェットノズルに相当する部分にはエッチングマスクを形成せず、両面のエッチングを行いインクジェットノズルに相当する貫通穴を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 (100) シリコン基板を構成部材とするインクジェットノズル列の製造工程において、(100) シリコン基板11の一方の面12に前記インクジェットノズル列をエッティングにより形成するための耐エッティング材のマスクパターンを形成し、前記シリコン基板11の一方の面12に所定量のエッティングを施し、次いで前記シリコン基板11の一方の面12に改めて耐エッティング材を形成し、前記シリコン基板11の他方の面13の少なくとも前記インクジェットノズル列が形成される部分に相当する箇所には耐エッティング材を形成せず、次いで前記シリコン基板11の他方の面13に所定量のエッティングを施すことを特徴とするインクジェットノズル列の製造方法。

【請求項2】 前記インクジェットノズル列の製造工程において、(100) シリコン基板21の一方の面22に前記インクジェットノズル列をエッティングにより形成するための耐エッティング材のマスクパターンを形成し、前記シリコン基板21の他方の面23の少なくとも前記インクジェットノズル列が形成される部分に相当する箇所には耐エッティング材を形成せず、次いで前記シリコン基板21の両面に所定量のエッティングを施すことを特徴とするインクジェットノズル列の製造方法。

【請求項3】 エッティングがアルカリ液を用いる異方性エッティングであることを特徴とする請求項1及び2記載のインクジェットノズル列の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、インク液滴を紙等に噴射し印字するインクジェットプリンタのヘッド部において用いられる、インク液滴の噴射口となるノズルが多数配設されたインクジェットノズル列の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 前記インクジェットノズル列として、これまで種々の材質及び形状のものが考案・製造されている。その中で、Applied Physics Letters誌、第31巻、2号、1977年、135-137頁において述べられている(100)シリコン基板にアルカリ異方性エッティングにより形成されるそれぞれのノズルが、4つの(111)面に囲まれた逆ピラミッド形状であるインクジェットノズル列は、その製造工程の単純さと異方性エッティングによる良好な形状精度において、高精細な印字が求められているインクジェットプリンタヘッドに最適なものである。前述のインクジェットノズル列の製造工程を図5に示す。(100)シリコン基板51の一方の面52にインクジェットノズル列に相当する耐エッティング材(通常はシリコン酸化膜)のマスクパターンを形成し、他方の面53には全面に耐エッティング材を形成し、シリコン基板51に所定量のエッ

チング(ここでは各ノズルが貫通するまで)を施すことによりインクジェットノズル列を形成していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上述したような(100)シリコン基板を用いたインクジェットノズル列において、ノズル壁を構成する(111)面69とシリコン基板の表面である(100)面63とのなす角は図6に示すように54.7°である。即ち、インク吐出口611の開口幅をW₁、インク供給口614の開口幅をW₂、シリコン基板の板厚をtとすると、これらの関係は次式によって表される。

【0004】

【数1】

$$W_1 = W_2 - \sqrt{2} t \quad \dots \dots \quad (1)$$

ここでノズルがあるピッチ幅で並ぶ場合、そのピッチ幅の設計値はW₁以上でなければノズルは隣接するノズルと重なり、エッティングによる形成は不可能となる。言い換えると、上述した式より、ノズル開口幅W₁を一定とする場合に、ノズルピッチ幅を小さくする、即ち、ノズル列を高密度化するためにはシリコン基板の板厚tを小さくしなければならないという課題があった。しかし、シリコン基板の板厚を薄くすることには限界があり、又、薄くなるとシリコン基板は割れ易くなり、ハンドリング上の問題や歩留り低下という問題があった。

【0005】 そこで本発明は、上述したような課題を解決するものでその目的とするところは、(100)シリコン基板を用いた高密度のインクジェットノズル列を提供するところにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明のインクジェットノズル列の製造方法は、(100)シリコン基板を構成部材とするインクジェットノズル列の製造工程において、(100)シリコン基板11の一方の面12に前記インクジェットノズル列をエッティングにより形成するための耐エッティング材のマスクパターンを形成し、前記シリコン基板11の一方の面12に所定量のエッティングを施し、次いで前記シリコン基板11の一方の面12に改めて耐エッティング材を形成し、前記シリコン基板11の他方の面13の少なくとも前記インクジェットノズル列が形成される部分に相当する箇所には耐エッティング材を形成せず、次いで前記シリコン基板の他方の面13に所定量のエッティングを施すことを特徴とする。又は、前記インクジェットノズル列の製造工程において、(100)シリコン基板21の一方の面22に前記インクジェットノズル列をエッティングにより形成するための耐エッティングマスク材のマスクパターンを形成し、前記シリコン基板21の他方の面23の少なくとも前記インクジェットノズル列が形成される部分に相当する箇所には耐エッティング材を形成せず、次いで前記シリコン基板21の両面に所定量のエッティングを施すことを特徴とする。

又、エッティングがアルカリ液を用いた異方性エッティングであることを特徴とする。

【0007】

【実施例】実施例1；以下に本発明の実施例に基づき詳細に説明する。図1は本発明におけるインクジェットノズル列の製造工程図である。まず(100)面方位のシリコンウェハの両面を鏡面研磨し、厚み280ミクロンのシリコン基板11を形成し(図1(a))、該基板11にO₂及び水蒸気雰囲気中で摂氏1100度、4時間の熱処理を施し、該シリコン基板11の両面に厚さ1ミクロンのS1O₂膜14及び15を形成した(図1(b))。前記S1O₂膜は、耐エッティング材として使用するものである。シリコン基板11の一方の面12上に形成されたS1O₂膜14上に、図2に示すようなフォトマスクパターン26を転写したフォトレジストパターン16を形成した。図2の図形寸法は、インクジェットノズルに相当する正方形26は一辺が80ミクロンで、隣合う正方形の中心間距離、即ちノズルピッチは84.7ミクロンである。84.7ミクロンは、300d_p1(ドットパーインチ)に相当する。他方の面13上に形成されたS1O₂膜15の全面にフォトレジストを塗布した後、シリコン基板11をフッ酸系エッティング液に浸漬し、一方の面12上のS1O₂膜14のみを部分的にエッティング、パターン加工する(図1(c))。次いで、アルカリ液を用いて一方の面12のみシリコンのエッティングを行った。アルカリ液として、摂氏70度の20重量%KOH水溶液を用い、この場合のシリコンの(100)面のエッティングレートは毎分0.8ミクロンである。エッティング時間を37分30秒とし、エッティング深さ30ミクロンにて一旦エッティングを終了する(図1(d))。次いで、シリコン基板11をO₂及び水蒸気雰囲気下で摂氏1100度、4時間の熱処理を行い、エッティング凹部110を形成する面に1ミクロンのS1O₂膜を形成した。エッティング凹部110を形成する面以外の面にはもともとS1O₂膜が形成されており、これらの部分には総計で1ミクロン以上のS1O₂膜が形成される(図1(e))。次に、シリコン基板11の他方の面13上に形成されたS1O₂膜15に、シリコン基板11の面12及び13に対し、垂直方向から見て一方の面12上のエッティングにより形成されたインクジェットノズルとなる凹部110全体を包含する部分が抜けているようなフォトレジストパターン17を図2のフォトマスクパターン27の転写により形成し、一方の面12上のS1O₂膜はフォトレジストを用いて保護し、他方の面13の側だけにS1O₂膜のフッ酸系エッティング液によるエッティング加工を施した(図1(f))。次いで、前述のアルカリエッティング液を用いてシリコン基板11の他方の面13のシリコンエッティングを5時間24分行い、259ミクロンのエッティング量にてシリコンのエッティングを終了し、最後にフッ酸系エッティング液によ

りエッティングマスクであるS1O₂膜14および15を除去した(図1(g))。本実施例では、インクジェットノズルの穴径の設計値を50ミクロン角としている。

(1)式より穴径を50ミクロン角とするためには、板厚tは下式より、

【0008】

【数2】

$$t = (80 - 50) / \sqrt{2} = 21 \dots \dots \quad (2)$$

21ミクロンである。即ち、他方の面13のエッティング量d₁をd₁ = 280 - 21 = 259(ミクロン)とすれば、穴径50ミクロンのインクジェットノズルが形成できる。本実施例で得られたインクジェットノズル列形成部のシリコンの厚みは21ミクロンであるが、シリコン基板11のそれ以外の部分は当初の280ミクロンの厚みが残っており、この部分により前記インクジェットノズル列は支えられている。

【0009】前述の他方の面13のエッティング工程では、259ミクロンのエッティングを行っているが、途中の240ミクロンまでエッティングした段階で他方の面13のエッティング面は、エッティング凹部110の底面112に到達し貫通穴111が形成されるが、さらにエッティングを行い、259ミクロンまでエッティングすることにより、(2)式より計算されるように、50ミクロン角のインクジェットノズルを形成することができる。完成了したインクジェットノズル列の48コのノズルについて穴径寸法を測定したところ、48.3から51.5ミクロンに分布しており、その平均値は50.1ミクロンであった。即ち、本実施例において、ノズルピッチが300d_p1であるノズル径50ミクロンのインクジェットノズル列を得ることができた。このインクジェットノズル列をインクジェットヘッドに組み込み印字試験を行ったところ、良好な印字が得られた。

【0010】実施例2；以下に本発明の第2の実施例に基づき詳細に説明する。図3は本発明におけるインクジェットノズル列の製造工程図である。まず(100)面方位のシリコンウェハの両面を鏡面研磨し、厚み280ミクロンのシリコン基板31を形成(図3(a))した後に、該基板31にO₂及び水蒸気雰囲気中で摂氏1100度、4時間の熱処理を施し、シリコン基板31の両面に1ミクロンのS1O₂膜34及び35を形成した(図3(b))。実施例1と同様にシリコン基板31の一方の面32上に形成されたS1O₂膜34上に図2に示すようなフォトマスクパターン26を転写したフォトレジストパターン36を形成した。パターン寸法は、実施例1の場合と同一である。次いで、シリコン基板31の他方の面33上にS1O₂膜35に、シリコン基板31の面32及び33に対し垂直方向から見てS1O₂膜34に形成されたフォトレジストパターン36全体を包含する部分が抜けているようなフォトレジストパターン

形成し(図3(c))、次いでシリコン基板31全体をフッ酸系エッティング液に浸漬、インクジェットノズル列に相当する部分のS1O₂膜を除去した(図3(d))。

【0011】次に、アルカリ液によるシリコンの異方性エッティングを行った。実施例1と同様にアルカリ液として、摄氏70度の20重量%KOH水溶液を用いた。シリコン基板31を前記アルカリ液に浸漬すると、両面共にエッティングが進行する。

【0012】図4はシリコン基板31の一方の面32のエッティング30分経過後の様子を示す図であり、図4(a)は断面図、図4(b)は上面図である。一方の面32のエッティングが途中の段階では、図4(a)に示すようにエッティングレートの極端に遅い(111)面49が出現しながら(100)面48の面積が次第に小さくなってくるが、本実施例においては(100)面48が消失するのはエッティング深さが5.7ミクロンとなったときである。図4の段階では、エッティング深さd₁はd₁=3.0×0.8=2.4(ミクロン)であり、(100)面48は一辺

【0013】

【数3】 $8.0 - 2.4\sqrt{2} = 4.6.2(\mu\text{m})$
の正方形である。又、図3(e)もシリコンエッティングの30分経過後を示している。このとき、シリコン基板31の他方の面33も同様に2.4ミクロン深さにエッティングされている。さらに連続してエッティングを行い、総エッティング時間5時間24分にてシリコンのエッティングを終了し、最後にフッ酸系エッティング液によりエッティングマスクであるS1O₂膜34および35を除去した(図3(f))。5時間24分のエッティングでシリコンは2.59ミクロンエッティングされ、シリコン基板31のインクジェットノズル列部分の厚みは2.1ミクロンとなっているが、シリコン基板31の他の部分は2.80ミクロンの厚みを残しており、インクジェットノズル列はこの部分により支えられている。シリコン基板31の一方の面32のエッティングは、エッティング深さ5.7ミクロンとなったところで停止するが、他方の面33では、さらにエッティングが進行して一方の面32に形成されたインクジェットノズル列となるエッティング凹部310に到達し、さらにエッティングが進行するとエッティング凹部310の底に貫通穴311が生じ、貫通穴311の大きさは

他方の面33のエッティングの進行と共に大きくなる。本実施例では、ノズル孔の大きさとして5.0ミクロン角を設計値としており、実施例1と同一の前述した時間のエッティングを行ったが、完成したインクジェット列のノズル吐出口の寸法は、4.8コのノズルを測定して51.3から53.8ミクロンの間に分布し、その平均値は52.5ミクロンであった。即ち、本実施例において、ノズルピッチが300dpiであるノズル径52.5ミクロンのインクジェットノズル列を得ることができた。設

計値が5.0ミクロンであるのに対し穴径寸法が2.5ミクロン大きくなっているが、これは貫通穴311の端部313がエッティングの進行と共に徐々にエッティングされ、穴径が拡大されたからである。即ち、本実施例によれば、

【0014】

【数4】

$$W_1 = W_0 - \sqrt{2} t \dots \dots \quad (1)$$

で規定されるより大きい穴径が得られる。もし、5.0ミクロン角のノズルを所望する場合には、図2におけるインクジェットノズルに相当する正方形26の寸法8.0ミクロンを2.5ミクロン小さく補正し、77.5ミクロンとすることで5.0ミクロン角の穴径のノズルを得ることができる。前述したように、(100)シリコン基板を用いたインクジェットノズルでは、ノズル穴径を一定とする場合には板厚を薄くできないという制限から、ノズルの高密度化には限界があった。しかし、本実施例では、一定のノズル穴径を得るためにインクジェットノズルに相当するパターンを小さくすることができるため、

20 その分だけ狭ピッチ化することが可能である。穴径については、エッティングの条件によりある程度任意に得ることができる。又、このインクジェットノズル列をインクジェットヘッドに組み込んで印字試験を行ったところ、良好な印字が得られた。

【0015】実施例1及び2で述べたインクジェットノズル列の製造工程には、プロセス技術上困難な点が皆無で、極めて単純な工程であり、従つて前述のような高精度のインクジェットノズル列が高歩留りで得られる。

【0016】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、(100)シリコン基板を用いた高密度のインクジェットノズル列を得ることができ、このようなインクジェットノズル列を用いたインクジェットヘッドにより、高精細な印字が可能になるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のインクジェットノズル列の製造工程図。

【図2】インクジェットノズル列をエッティングにより形成するためのマスクパターン図。

40 【図3】本発明のインクジェットノズル列の製造工程図。

【図4】本発明のインクジェットノズル列の製造工程における、インクジェットノズル列の断面図及び上面図。

【図5】従来のインクジェットノズル列の製造工程図。

【図6】(100)シリコン基板におけるインクジェットノズル列の寸法関係を示す図。

【符号の説明】

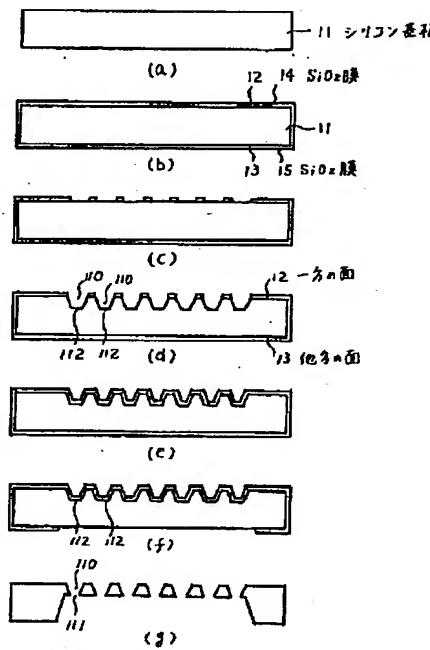
11, 31, 51 シリコン基板

12, 32, 52 シリコン基板の一方の面

50 13, 33, 53, 63 シリコン基板の他方の面

14, 15, 34	7 SiO ₂ 膜	110, 310	8 エッチング凹部
33, 54, 65	SiO ₂ 膜	111, 311	貫通穴
26, 27	フォトマスクパターン	112	エッチング凹部の底面
36, 37	フォトレジストパターン	313	貫通穴の端部
48	(100) 面	611	インク吐出口
49, 69	(111) 面	614	インク供給口

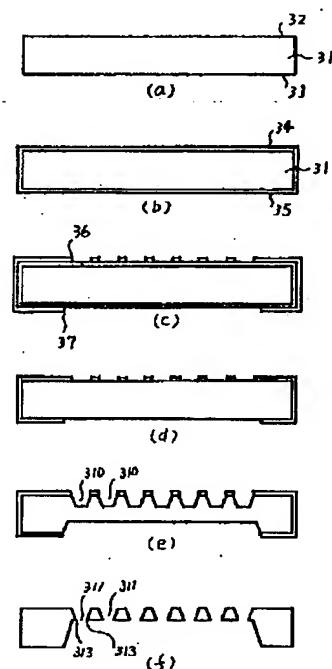
【図1】



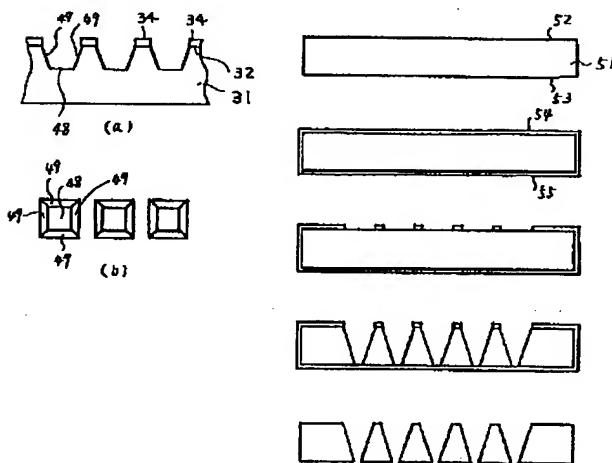
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

【図6】

